

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS A PROVA DE FALHA “POKA-YOKE” COMO AÇÕES RESULTANTES DE FMEA DE PROCESSO EM UNIDADES PRODUTIVAS DO SETOR AUTOMOBILÍSTICO

Ricardo Golin Loureiro (UNIVEM)

ricardo.golin@unipac.com.br

JOSE ANTONIO POLETTO FILHO (UNIVEM)

jpoletto@uol.com.br

Jussara Mallia Zachi (UNIVEM)

sarazachi@yahoo.com.br

Francisca Miquelle Siqueira Cardoso (UNIVEM)

miquelle@terra.com.br

Vania Erica Herrera (UNIVEM)

vania.erika1@terra.com.br



Devido ao crescente índice de chamadas para os proprietários de veículos com propósito de substituir peças com defeitos de fabricação, conhecidos com “recalls”, gerando custos e insatisfação, este trabalho visa demonstrar a importância da aplicação de ferramentas da qualidade como, “Poka-Yoke” e Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), na redução dos custos. O FMEA, é uma importante ferramenta utilizada para planejamento avançado da qualidade,

indicando as possibilidades de falhas que possam vir a ocorrer nas linhas fabris durante a produção seriada, deste modo cataloga-se todos os modos de falhas passíveis de ocorrência e então os avalia um a um, atribuindo pontuações para priorizar a tratativa das respectivas ações para a mitigação ou solução, já o “Poka-Yoke” é uma ferramenta que torna possível a detecção, alerta e prevenção de erros no processo produtivo. Assim, será apresentado como a combinação destas ferramentas pode contribuir na resolução de erro na operação de identificação em processo de expedição na exportação de produtos para empresas automobilísticas e reduzir significativamente os riscos do processo. A utilização combinada destas duas ferramentas e a capacitação e comprometimento do fator humano mostram-se como a forma mais eficaz para alcançar a redução dos casos de “recalls”, pois existirá a certeza que o planejamento do projeto foi bem sucedido, aplicado e seguido, e que existem meios para evitar falhas durante a execução da operação pela linha produtiva.

Palavras-chaves: Poka-yoke. PFMEA. Ferramentas a prova de falha

1. Introdução

Existe uma acirrada competição das empresas pela busca da sobrevivência do negócio e fornecimento de peças para o setor automotivo, montadoras de veículos e seus fornecedores que visam à maximização dos lucros, como meio de prosperarem num seguimento extremamente dinâmico e agressivo. (EPE, 2013)

Com a constante competitividade no mundo globalizado as empresas do setor buscam vantagens sobre seus concorrentes e o barateamento dos custos de produção para aumento da margem de lucro tem sido bastante explorado, mas as empresas podem cortar elementos cruciais para a garantia do atendimento na totalidade dos requisitos do cliente, fazendo com que haja um aumento do número de peças falhadas entregues às montadoras.

Este trabalho visa estudar os conceitos, ferramentas e forma de aplicações de dispositivos “*Poka-yoke*” através do uso da ferramenta FMEA de processo em uma empresa que forneça peças para a indústria automobilística, compilando e proporcionando maior entendimento e esclarecimento do assunto.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Qualidade

Conforme Slack *et al* (2009), o mercado consumidor vem passando por uma valorização do nível de consciência na aquisição de bens e serviços de alta qualidade. Este diferencial tem se tornado uma estratégia, tornando-se uma vantagem competitiva, onde a boa qualidade gera consumidores satisfeitos e multiplicadores importantes para influenciar as outras pessoas.

Deming (2003) conceitua a qualidade como definida conforme a exigência do cliente em relação as suas necessidades, e como estão em constante mudança, as especificações de qualidade sempre mudarão à medida que o tempo passa.

2.2. Custos da qualidade

Garvin (1992) cita os custos da qualidade como uma ferramenta para gestão dos recursos da

empresa voltados ao planejamento estratégico, aplicando estes recursos financeiros de forma dinâmica na prevenção, correção ou monitoramento das falhas.

Campos (1992) afirma que a qualidade não custa mais e é uma garantia de retorno, entretanto, é considerado como custo as falhas geradas pela falta no atendimento aos padrões estabelecidos previamente, assim denominados de Custo da Não Qualidade (CNQ).

Toledo (2002) classifica estes desembolsos, os custos da Qualidade, em 4 blocos ou composição de categorias que são: Custos de prevenção, Custos de avaliação, Custos de falhas internas e Custos de falhas externas. Os dois primeiros são indispensáveis ao bom andamento da organização, já os dois subsequentes podem e devem ser evitados com o intuito de alavancar os resultados.

2.3. “Thinking Lean” Manufatura enxuta

Segundo Womack *et al* (1996), a mentalidade do *lean* está baseada na realização progressiva das tarefas ao longo de toda a cadeia produtiva, conhecida como cadeia de valor, de modo que um produto seja processado desde o projeto até a chegada nas mãos do cliente com o mínimo de perdas.

Womack *et al* (1990), define a manufatura enxuta como um sistema produtivo integrado focado no fluxo produtivo, em ações de prevenção em vez de correção de problemas, busca trabalhar com um processo puxado através de previsões de demandas dos clientes, sendo flexível e possuindo recursos polivalentes, que buscam melhoria contínua e agregação de valor ao produto final.

Ohno (1997) classifica as perdas no sistema como “*Muda*”, uma palavra de origem japonesa que significa atividade que consuma recurso sem agregar valor para o cliente.

Figura 1: Os 7 tipos de *Muda*.

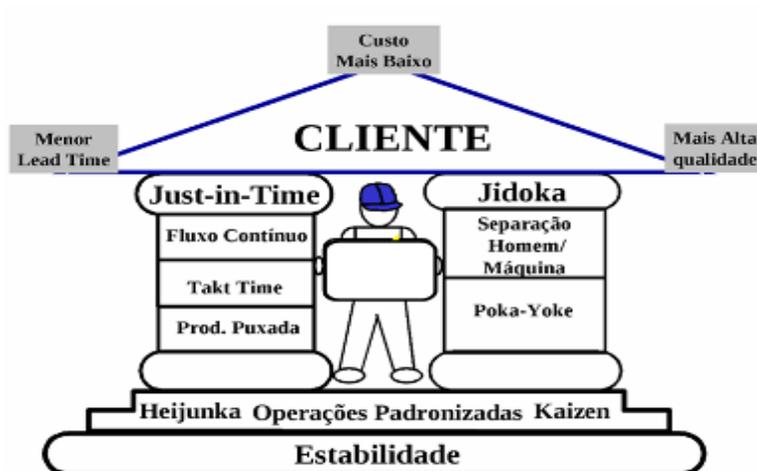


Fonte: Yamauchi (2012)

2.4. A estrutura do Sistema Toyota de Produção

Segundo Ohno (1988) apud Yamauchi (2012), a figura da casa da qualidade é uma representação da estrutura do *Toyota Production System* (TPS), Sistema Toyota de Produção (STP) com seus dois pilares *Just-in-time* e *Jidoka*. Representada pela figura 2, essa casa só consegue sustentação se for alicerçada em uma base sólida e consistente, assim como as colunas de sustentação.

Figura 2: Pilares do Sistema Toyota de Produção.

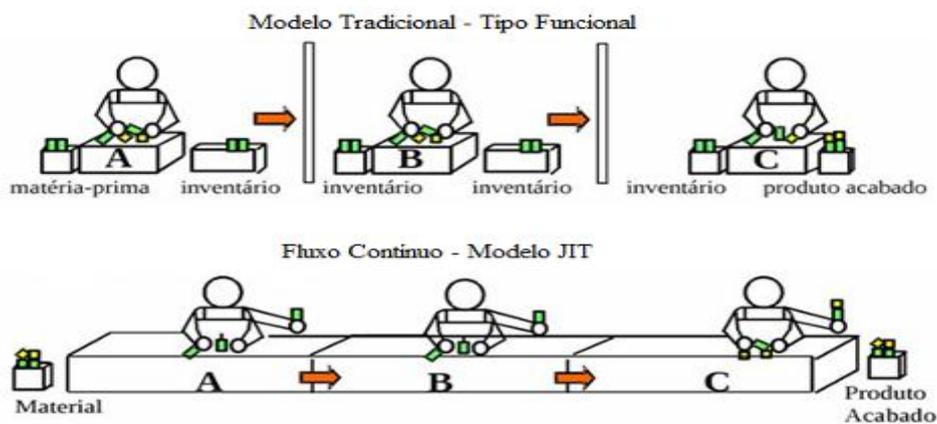


Fonte: Adaptado de Ghinato, 1996.

Segundo Ghinato (1996), o *Just-In-Time* (JIT) é uma ferramenta de abordagem estratégica e

sistêmica, cuja expressão do idioma inglês significa “no momento exato”, assim cada processo deverá ser suprido com o item certo, na quantidade certa, no local certo e no tempo certo, como demonstrado na figura 3:

Figura 3: Comparativo entre o fluxo tradicional e o contínuo



Fonte: Adaptado de Martins, 2009.

Baudin (2007) apud Martins (2009), menciona que a palavra *Jidoka* é usada para referir-se a automação de tarefas na garantia de que a operação possa ser realizada com o mesmo nível de qualidade ao longo dos períodos de trabalho.

Seu principal objetivo é reduzir ou eliminar a influência da pessoa no processo de realização da tarefa, usando uma programação para que a máquina realize as operações sem a necessidade de intervenção humana, sejam automáticos ou detecção autônoma com dispositivos de segurança adequados à proteção do operador. (Martins, 2009)

2.5. Método de Inspeção e o Controle da Qualidade

Conforme Iman (1998) apud Calarge e Davanso (2003), o erro humano tem sido grande preocupação para os sistemas produtivos, onde a interferência e participação dos erros desta natureza estão entre 50% a 75% das falhas ocorridas, e as necessidades de controle e inspeção têm ficado cada vez mais rigorosos.

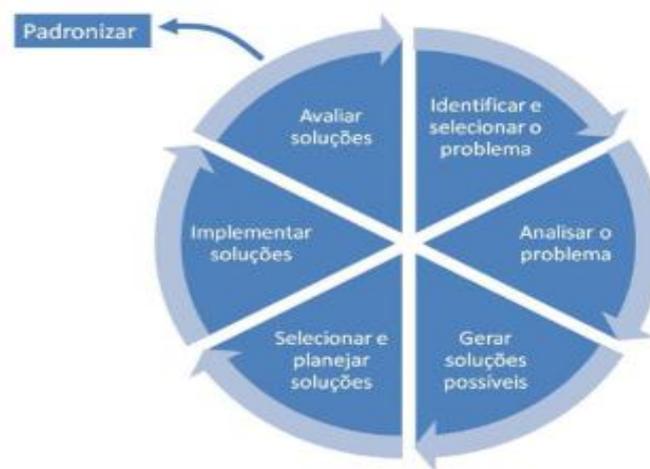
A definição de qualidade é o “grau de satisfação dos requisitos (necessidades ou expectativas) dado por um conjunto de características intrínsecas”, e baseia-se nos princípios da gestão, foco no cliente, envolvimento das pessoas, abordagem por processos, melhoria contínua,

tomada de decisões baseadas em fatos e a relação mútua e benéfica entre fornecedores. (TECHNICAL SPECIFICATION ISO/TS 16979:2009, 2009)

2.6. Método de Solução de Problemas (MASP)

Conforme Hinckley (2006) apud Martins (2009), a metodologia MASP é composta de seis passos para solução de problemas, conforme ilustrado pela figura 4.

Figura 4: Método de Solução de Problemas



Fonte: Hinckley (2006) adaptado por Martins (2009).

Segundo Martins (2009), é comum que no início das análises tenham mais problemas do que o time consegue abordar, por isso é indicado três fatores para auxiliar na priorização dos problemas:

- Qual a frequência com que o fenômeno ou problema ocorre?
- Que ou qual impacto o mesmo trará para o fluxo produtivo?
- Que ou qual impacto para a empresa e para o consumidor dos produtos?

Quando o problema é selecionado, ele deve ser analisado para se identificar as causas-raiz e para se determinar se ele é resultado de desnecessária complexidade da tarefa, erros, ou variação no processo, cada um requerendo diferentes métodos de controle. (MARTINS, 2009, p. 71)

2.7. Dispositivos poka-yoke

Shingo (1996), define *poka-yoke* como dispositivos que objetivam o aumento da eficiência da produção pela eliminação contínua de desperdícios. Possibilitam travar defeitos por meio da inspeção de todas as peças, de forma a permitir que essa informação ative a parada ou seleção da peça com desvio de qualidade sem depender da intervenção humana.

Segundo Calarge e Davanso (2003), na manufatura os *poka-yoke* auxiliam na prevenção de defeitos em um sistema produtivo, tendo como objetivo evitar, prevenir, impedir ou detectar os defeitos do produto.

2.7.1 Fundamentos do poka-yoke

De acordo com Shingo (1986) apud Ghinato (1996), o Controle da Qualidade Zero Defeito (CQZD) é considerado uma metodologia para identificar e tratar de forma eficaz os problemas detectados, eliminando a sua reincidência, com quatro pontos de sustentação:

1. Inspeção na fonte: método preventivo capaz de eliminar completamente a ocorrência, pois a função controle é aplicada na origem ao invés do resultado;
2. Inspeção 100%: são inspecionados 100% dos produtos ao invés de inspeção amostral;
3. Reduzir tempo de reação: diminuição do tempo entre a descoberta e a aplicação de ações para sanar a anomalia;
4. Reconhecimento das fraquezas: que as pessoas não são infalíveis, aplicando ferramentas de controle junto com o “*poka-yoke*”.

Conforme Martins (2009) apud Yamauchi (2012), e Calarge e Davanso (2003), os métodos de inspeção são divididos em:

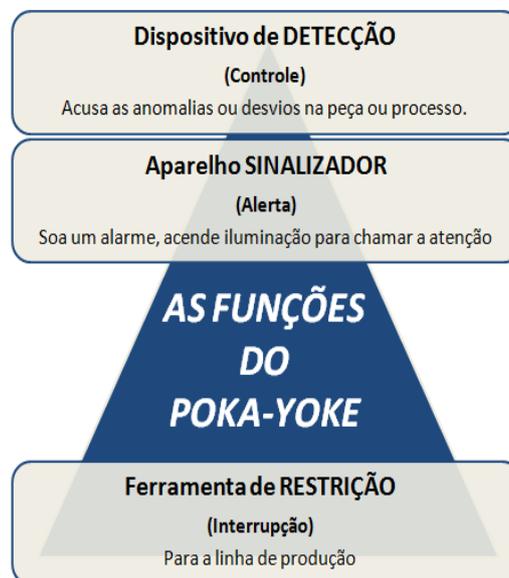
- a) Inspeções por Julgamento, onde os produtos defeituosos passam por uma triagem e são separados dos conformes por meio da comparação em relação a um padrão conhecido;
- b) Inspeções informativas, que ajudam na redução do defeito, enviando uma informação alertando sobre a falha e solicitando a correção em relação ao ocorrido;
- c) Inspeções na fonte, eliminam os defeitos antes da fabricação de um item, realizada pelos *Poka-yoke* ou ferramentas a prova de falha.

2.7.2 Classificação dos dispositivos poka-yoke

Conforme Moura e Banzato (1996) apud Calarge e Davanso (2003), no processo de manufatura os dispositivos *poka-yoke* tem a função de interromper a operação, controlar ou alertar caso haja algo fora do padrão.

Vidor (2010) classifica as funções ligando-as a essência de atuação dos *poka-yoke*, conforme figura 5.

Figura 5: Classificação de um dispositivo *poka-yoke*, quanto às funções.



Fonte: Adaptado de Calarge e Davanso (2003).

Os mecanismos de detecção dos dispositivos classifica-se também conforme figura 6:

Figura 6: Classificação de um dispositivo *Poka-yoke*, quanto aos métodos.



Fonte: Adaptado de Calarge e Davanso, 2003.

2.8. APQP - Advanced Product Quality Planning

Conforme AIAG (2013), o processo APQP tem o objetivo de analisar o estado de desenvolvimento e produção automotiva nos Estados Unidos, Europa e Japão. Serve como um guia no processo de desenvolvimento e também para compartilhar resultados entre fornecedores e empresas do setor. Tem como foco planejar antecipadamente a qualidade e determinar se os clientes estão satisfeitos.

2.9. FMEA - Failure Mode Effect and Analysis

A apostila de treinamento de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos, (2008), define FMEA como um grupo de atividades sistemáticas com a intenção de reconhecer e avaliar falhas potenciais de um produto/processo e os efeitos desta falha, prevendo-as de forma a correlacioná-las a uma severidade.

O FMEA pode ser realizado e aplicado nos seguintes casos:

- a) Redução da probabilidade de falhas potenciais ou ocorrências em produtos ou processos já implementados;
- b) Redução da probabilidade de falhas ou ocorrências potenciais em projetos de novos produtos ou novos processos;
- c) Melhoria de produtos ou processos já implementados levando em consideração as falhas já ocorridas;
- d) Redução da probabilidade de ocorrerem erros e melhorar procedimentos administrativos.

(TOLEDO, 2006)

DFMEA – Design Failure Mode Effect and Analysis: Visa descobrir falhas potenciais associadas no projeto do produto baseada na especificação de desempenho, analisando onde possa ocorrer mau funcionamento do produto, encurtamento da vida útil, risco de segurança ao utilizar o produto. (AIAG, 2008)

PFMEA– Process Failure Mode Effect and Analysis: Considera falhas no planejamento e execução do processo, com o objetivo de evitar a ocorrência ou possíveis falhas durante a fase de fabricação tomando como referência não conformidades quanto ao não atendimento das

especificações do projeto do produto. (TOLEDO, 2006)

Toledo (2006), descreve que a análise consiste basicamente na formação de um time que identificará as funções e requisitos, os tipos de falhas, os efeitos e as possíveis causas destas falhas. Conforme manual de referência de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (2008), após estabelecimento do time, inicia-se o preenchimento do formulário, sendo a base para aplicação da metodologia o formulário FMEA, ilustrado na tabela 1:

Tabela 1: Formulário FMEA

FMEA DE PROCESSO																				
Número da Peça (Cliente) Preparado Por	Rev./Data do Desenho	Nome da Peça		Número da FMEA		Página		Resultado das Ações												
		Responsável pelo Processo	Modelo(s) Ano / Veículo(s) / Aplicação	Responsável pelo Processo	Cliente	Revisão	Revisão													
Organização	Equipe	Aprovado Por		Data		Data		Resultado das Ações												
		Data início	Data Rev.	Data	Data	Data	Data													
Observações	Etapa do Processo e Função	Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial de Falha	Severidade	Classificação	Causa Potencial da Falha	Controles Atuais do Processo Prevenção	Ocorrência	Controles Atuais do Processo Detecção	Detecção	N P R	Ações Recomendadas	Responsável e Prazo	Ações Tomadas & Data de Efetivação	Severidade	Ocorrência	Detecção	NPR	

Conforme manual de referência de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (2008), as severidades, ocorrência e detecção devem ser pontuadas com base nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2: Tabela de Severidade para FMEA de processo

Severidade	Critério		Índice
	Efeitos para os clients	Efeito para manufatura/montagem	
Perigoso sem avisos	Ranking de severidade muito alto quando um efeito de modo de falha em potencial de um sistema de segurança opera sem avisos (compromete a segurança) e/ou envolve o não cumprimento de regulamentação do governo	Pode colocar o operador em risco sem avisos	10
Perigoso com aviso	Ranking de severidade muito alto quando um efeito de modo de falha em potencial de um sistema de segurança opera com avisos (compromete a segurança) e/ou envolve o não cumprimento de regulamentação do governo	Pode colocar o operador em risco com avisos	9
Muito Alto	Sistema inoperável (perda da função primária)	100% do produto possivelmente deverá ser jogado fora, ou produto deverá ser reparado no departamento devido com um tempo maior que 1 hora	8
Alto	Sistema operável porém em um nível de performance reduzido	O produto deverá ser desmontado e classificado e uma porção dele jogada fora ou produto deverá ser reparado no departamento devido, com um tempo entre meia hora e 1 hora	7
Moderado	Sistema operável porém com itens de conforto/conveniência inoperáveis. Cliente insatisfeito	Uma porção do produto deverá ser jogada fora sem necessidade de desmontá-lo e classificá-lo ou produto deverá ser reparado no departamento devido, com um tempo menor que meia hora	6
Baixo	Sistema operável porém com itens de conforto/conveniência operáveis em um nível reduzido de performance. Cliente um pouco insatisfeito	100% do produto deverá ser retrabalhado ou o produto deverá ser reparado fora da linha de produção mas não precisa ir para o departamento de reparos	5
Muito baixo	Sistema produz barulhos e chiados; encaixes não estão de acordo. Defeito notado pela maioria dos clientes (mais que 75%)	Um produto deverá ser desmontado e classificado e uma porção dele deverá ser retrabalhado	4
Mínimo	Sistema produz barulhos e chiados; encaixes não estão de acordo. Defeito notado pela metade dos clients	Uma porção do produto deverá ser retrabalhada dentro da linha, mas fora da estação	3
Quase nulo	Sistema produz barulhos e chiados; encaixes não estão de acordo. Defeito notado por poucos clientes (menos que 25%)	Uma porção do produto deverá ser retrabalhada dentro da linha, mas dentro da estação	2
Nulo	Nenhum efeito	Nenhum efeito ou pequenos inconvenientes para o operador	1

Fonte: AIAG, 2008

Tabela 3: Tabela de ocorrência para FMEA de processo

Probabilidade	Probabilidade de falha	Índice
Muito Alto: A falha é quase inevitável	≥ 1 em 10	10
Alto: muitas falhas	1 em 20	9
	1 em 50	8
	1 em 100	7
Moderado: falhas ocasionais	1 em 500	6
	1 em 2.000	5
	1 em 10.000	4
Baixo: poucas falhas	1 em 100.000	3
	1 em 1.000.000	2
Remota: A falha é improvável de ocorrer	Falhas eliminadas através de controles preventivos (Poka-Yoke)	1

Fonte: AIAG, 2008

Tabela 4: Tabela de detecção para FMEA de processo

Detecção	Critério	A	B	C	detecção	Índices
Nula	Absoluta certeza de não detecção			X	Não pode detectar ou não é checado	10
Muito Remota	O controle provavelmente não ira detector			X	O controle é executado com checagens indiretas ou aleatórias	9
Remota	O controle tem uma chance pequena de detecção			X	O controle é executado apenas com inspeção visual	8
Muito Baixa	O controle tem uma chance pequena de detecção			X	O controle é executado apenas com dupla inspeção visual	7
Baixa	O controle pode ou não detector		X	X	O controle é executado com representações gráficas, como controle estatístico do processo, por exemplo.	6
Moderada	O controle pode ou não detector		X		O controle é baseado em uma variável a ser medida após as peças terem saído da estação ou medição do tipo passa não passa em 100% das peças após elas terem saído da estação.	5
Moderada/alta	O controle tem uma boa chance de detector	X	X		Detecção de erros em operações subsequentes ou medição feita na montagem (para causas relativas à montagem)	4
Alta	O controle tem uma chance boa de detector	X	X		Detecção de erros dentro da estação ou detecção de erros em operações subsequentes por camadas múltiplas de aceitação; Suprimentos, seleção, instalação e verificação. Não se pode aceitar partes discrepantes	3
Muito alta	É quase certeza que o controle irá detector	X	X		Detecção do erro dentro da estação (medição automática com parada automática). Não pode passar partes discrepantes	2
Muito alta	O controle irá detector	X			Partes discrepantes não podem ser feitas porque o item foi imunizado a erros devido ao projeto ou processo do produto	1

Legenda: A) Fortalecido contra erros B) Medições C) Inspeções manuais

Fonte: AIAG 2008.

Conforme manual de referência de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (2008), as ações requeridas são mandatórias quando a severidade for sinalizada com 9 ou 10, a fim de reduzir ou atenuar a severidade do risco. É sugerido ainda que não se adote uma nota de corte, a fim de não negligenciar a severidade do efeito potencial da falha.

Conforme descrito na ISO 16949 (2009), “a organização deve definir ações para eliminar as causas de não-conformidade potenciais de forma a evitar sua ocorrência ou repetição”. Estas ações devem ser apropriadas aos efeito do problema potencial.

2.10. Relação do Poka-yoke e FMEA com as normas de gestão da qualidade

Conforme descrito na ISO 16949 (2009), “a organização deve usar métodos à prova de erro no seu processo de ação corretiva”. Esta preocupação objetiva eliminar a causa de uma não

conformidade.

Segundo a VDA 6.3 (2010), nos exemplos de aplicação é tratado sobre soluções poka-yoke e métodos para garantia de atendimento dos requisitos do cliente.

O manual QSB, aborda com enfoque especial a questão do processo de redução de riscos, assim como a análise dos modos de falhas e seus efeitos e dispositivos a prova de erros, de modo a assegurar efetiva redução dos riscos do processo. (Interaction Plexus e General Motors, 2007)

3. Metodologia

3.1. Metodologia da Pesquisa

Quanto à sua natureza enquadra-se à pesquisa aplicada com objetivo exploratório e de abordagem qualitativo, sendo um método de estudo de caso, por Gil (2006), descrito como “procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”.

3.2. Sistemas produtivos da empresa

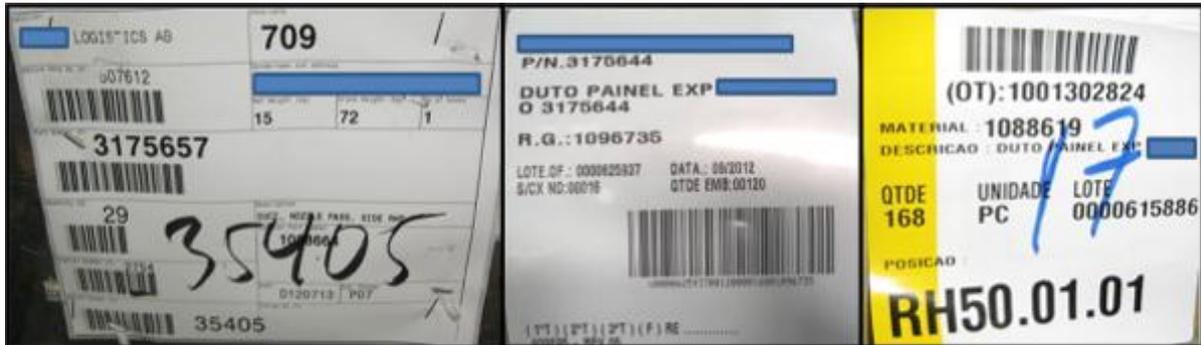
A empresa possui várias plantas, e as linhas de produção são divididas em grupos de acordo com o tipo de transformação que cada uma oferece. O foco deste estudo será avaliar o setor de sopro automotivo ou automobilístico que produz dutos para direcionamento de ar dos painéis de caminhões.

3.3. Passos para aplicação do Poka-yoke

3.3.1. Identificação da situação problema

Na fase inicial de projeto e desenvolvimento do produto, o cliente sinalizou a necessidade de identificação das caixas conforme seus requisitos específicos, o que implicaria a colocação de uma etiqueta adicional nas caixas dos produtos, denominada “*Odette label*”, utilizada globalmente para padronização do sistema de leitura para recebimento das peças. Internamente eram utilizadas a etiqueta UNI, conforme figura 7.

Figura 7: Etiquetas *Odette label*, UNI e OT respectivamente.



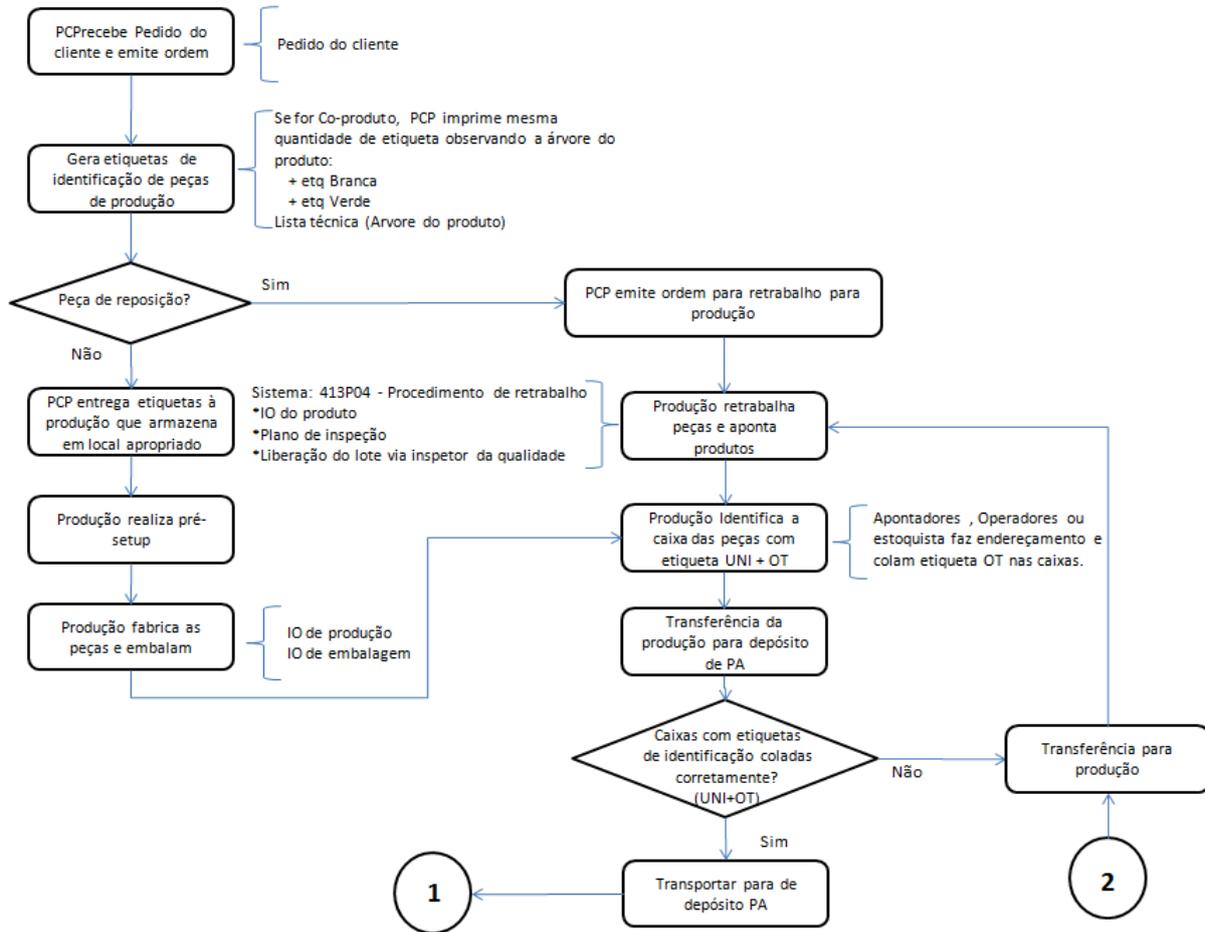
Fonte: Os autores.

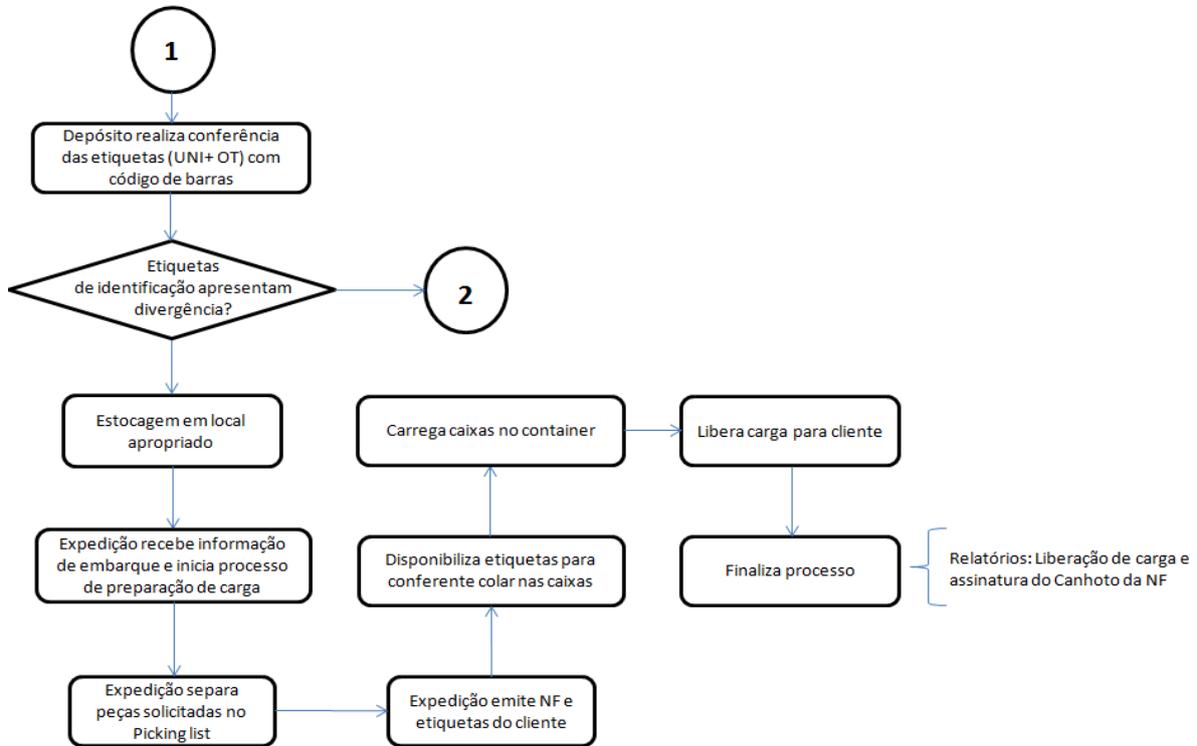
Foram encontradas peças no interior da caixa divergente da informação contida na etiqueta de identificação *Odette label*, o que gerou impactos na linha de montagem.

3.3.2. Análise do problema

As potenciais causas devem ser estudadas detalhadamente através de abordagens da metodologia de análise e solução de problemas (MASP), análise e mapeamento do fluxo de informações. A figura 8 mostra esse mapeamento:

Figura 8: Mapeamento do fluxo de produção, início do projeto.





Fonte: os autores.

O formulário preenchido do PFMEA referindo-se à análise realizada no início do projeto para o processo mencionado, pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5: PFMEA realizado no início do projeto.

Etapa do Processo e Função	Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial de Falha	Severidade Classificação	Causa Potencial da Falha	Controles Atuais do Processo Prevenção	Ocorrência	Controles Atuais do Processo Detecção	Detecção	N P R	Ações Recomendadas	Responsável e Prazo	Resultado das Ações			
													Ações Tomadas & Data de Efetivação	Severidade Ocorrência	Detecção	N P R
Estocar produto acabado adequadamente		Não armazenar produtos em local adequado	Sujar o produto	4	Falta de área para estocagem	Proc Armazenagem, preserv, manuseio e embalagem 415P02	1	Area de estocagem com sistema informatizado	2	8	Nenhuma					
			Danificar a embalagem e/ou produto	4	Falta de identificação na embalagem	Proc identificação da resina e do produto 408P02	2	Area de estocagem com sistema informatizado	2	16	Nenhuma					

Fonte: Arquivos internos, adaptado pelos autores.

3.3.3. Gerar as soluções possíveis

Após serem analisados os fluxos de informações da produção, uma nova revisão de PFMEA foi realizada, incluindo recálculo das pontuações.

Conforme ilustrado na tabela 6, na etapa estocar produto acabado adequadamente, o modo de falha é não armazenar produtos em local adequado. O efeito da causa é sujar o produto, classificado como severidade moderada. A causa é a falta de área para estocagem e a ocorrência observada é na proporção de uma em 2000. Para gerar o NPR multiplicam-se os três números da pontuação que gerará o NPR 240, faz-se isso para todos os efeitos.

Tabela 6: PFMEA realizado conforme manual de referência AIAG.

FMEA DE PROCESSO

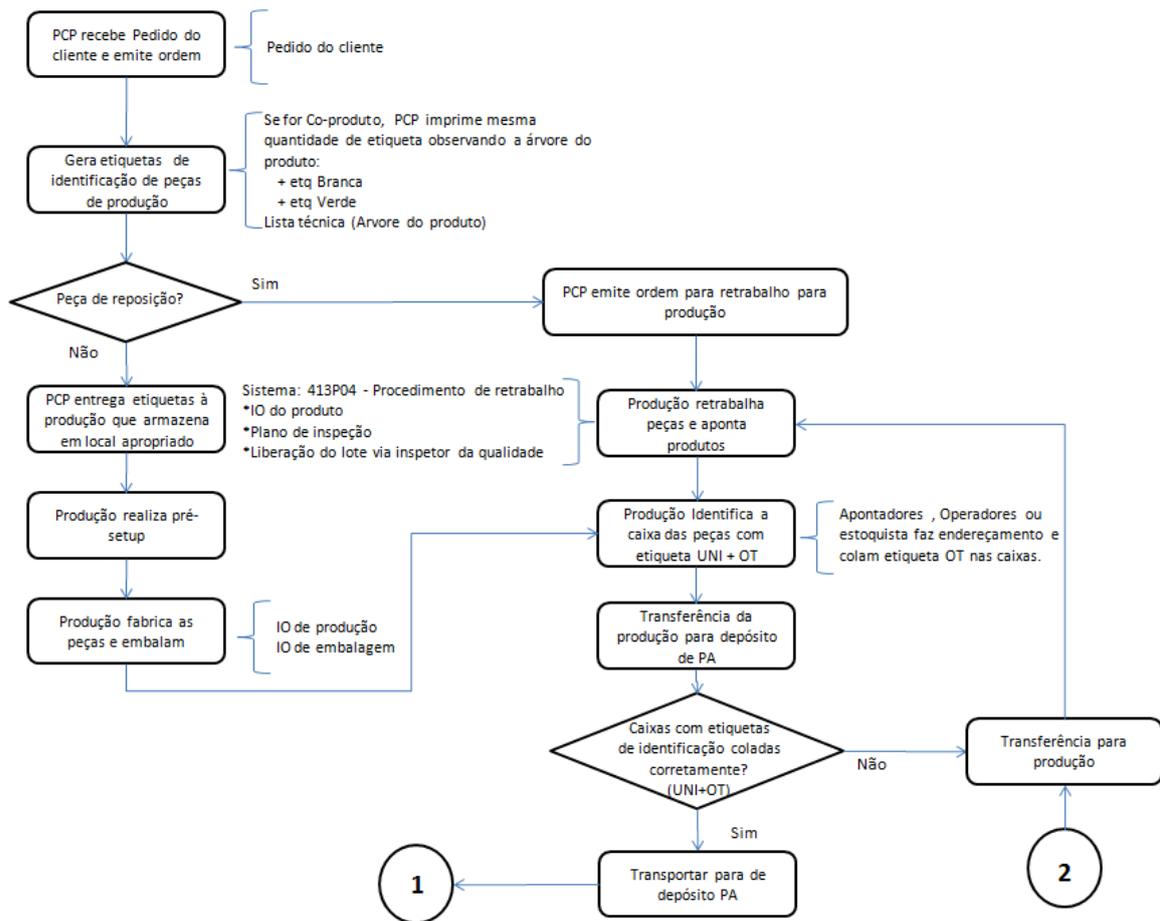
Número da Peça (Cliente)		Rev./Data do Desenho		Nome da Peça							
Preparado Por				Responsável pelo Processo							
Organização				Modelo(s) Ano / Veículo(s) / Aplicação							
Equipe											
Observações											
Etapa do Processo e Função	Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial de Falha	Severidade	Classificação	Causa Potencial da Falha	Controles Atuais do Processo	Ocorrência	Controles Atuais do Processo	Deteção	NPR
Estocar produto acabado adequadamente e	Armazenar produtos em local apropriado, coberto, e longe de intempéries ou pontos que ofereçam riscos à embalagem e ao produto.	Não armazenar produtos em local adequado	Sujar o produto	6	8	Falta de área para estocagem	Proc Armazenagem, preserv, manuseio e embalagem	5	Area de estocagem com sistema informatizado	8	240
	Conferir e armazenar nos locais determinados pela OT	Armazenar produtos sem etiqueta de identificação	Danificar a embalagem e/ou produto	8	6	Falta de identificação na embalagem	Proc identificação da resina e do produto 408P02	6	Area de estocagem com sistema informatizado	6	288
Separação de cargas (Picking)	Impressão de etiqueta conforme processo	Imprimir etiqueta de código errado	Identificar errado	4	7	Falta de cumprimento dos procedimentos	Proc identificação da resina e do produto 408P02	3	Visual	7	105
	Separar produtos conforme picking list	Separar produto errado	Retrabalho	4	5	Baixa aderência da etiqueta	Visual	3	Visual	7	105
					5	5	Falta de padronização do local das etiquetas	Crivo técnico do processo (SAP)	3	Visual	7
Identificação e conferência de Cargas	Colar Etiqueta Odete na caixa do produto conforme código	Colar etiqueta de código diferente	Parada de linha	8	8	Falta de atenção ou não cumprimento do procedimento 415P03	Procedimento 415P03	5	Visual	8	320
	Conferir cargas confrontando etiquetas	Não conferir carga	Parada de linha	8	5	Dificuldade de leitura pelo conferente	Instrução operacional	5	Visual	8	200
					8	8	Falta de atenção ou não cumprimento do procedimento 415P03	Procedimento 415P03	6	Visual	8
Expedição e faturamento dos produtos	Emitir NF após conferência OK	Emitir Nf sem conferência das etiquetas	Parada de linha	8	8	Falta de atenção ou não cumprimento do procedimento 415P03	Procedimento 415P03	6	Visual	8	384

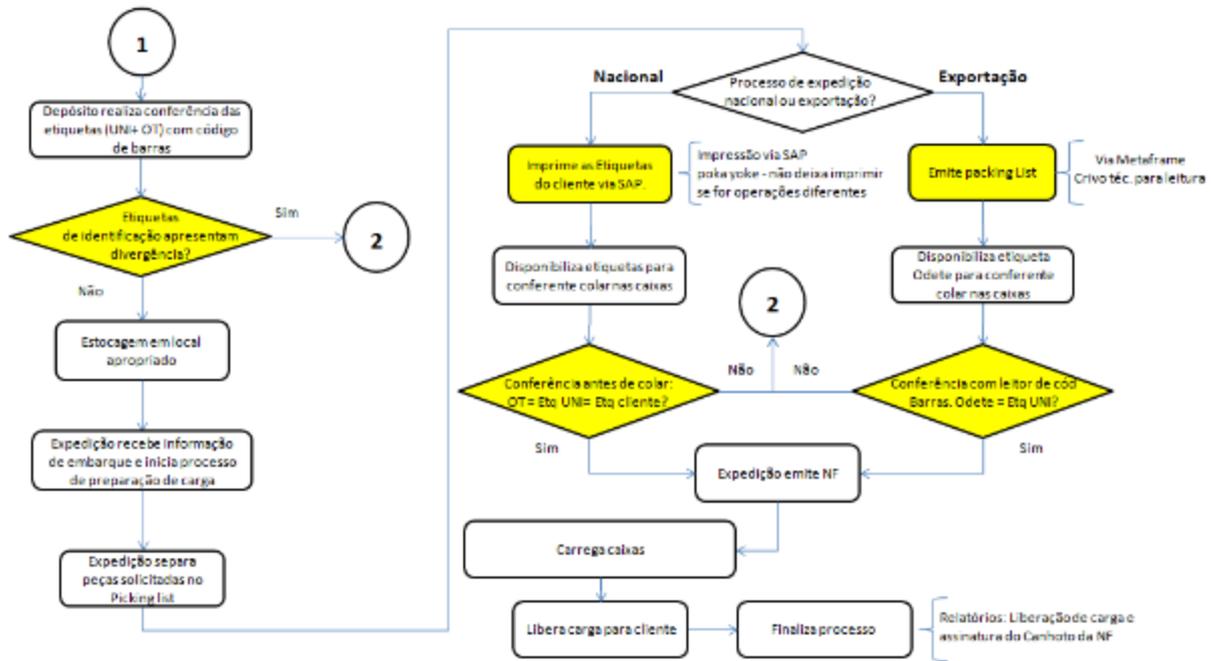
Fonte: Arquivos internos, adaptado pelos autores.

A partir da revisão dos modos de falhas gerou-se as soluções para inibir as causas principais para o problema. Verificou-se que as bases de dados das ferramentas do sistema informatizado não se comunicavam e não realizavam bloqueio ou travamento de erros

mediante as divergências. Para solucionar os pontos falhos foi necessário revisar as informações e atividades realizadas no setor expedição, comparando a condição inicial com a condição ideal proposta.

Figura 9: Mapeamento do fluxo de produção, revisado





Fonte: Arquivos internos, adaptado pelos autores.

3.3.4. Selecionar e planejar a solução

Conhecendo a causa raiz e com as possíveis soluções em mãos, o time focou na possibilidade de atingir melhores resultados para o setor. Assim, optou-se por um *poka-yoke* com método de restrição, utilizando-se dos programas existentes e realizando uma programação lógica entre eles onde o próprio sistema emitirá um sinal para bloqueio da carga. Uma breve descrição da solução é adicionada ao campo ações recomendadas e um responsável e prazo para efetivação no formulário PFMEA no campo apropriado.

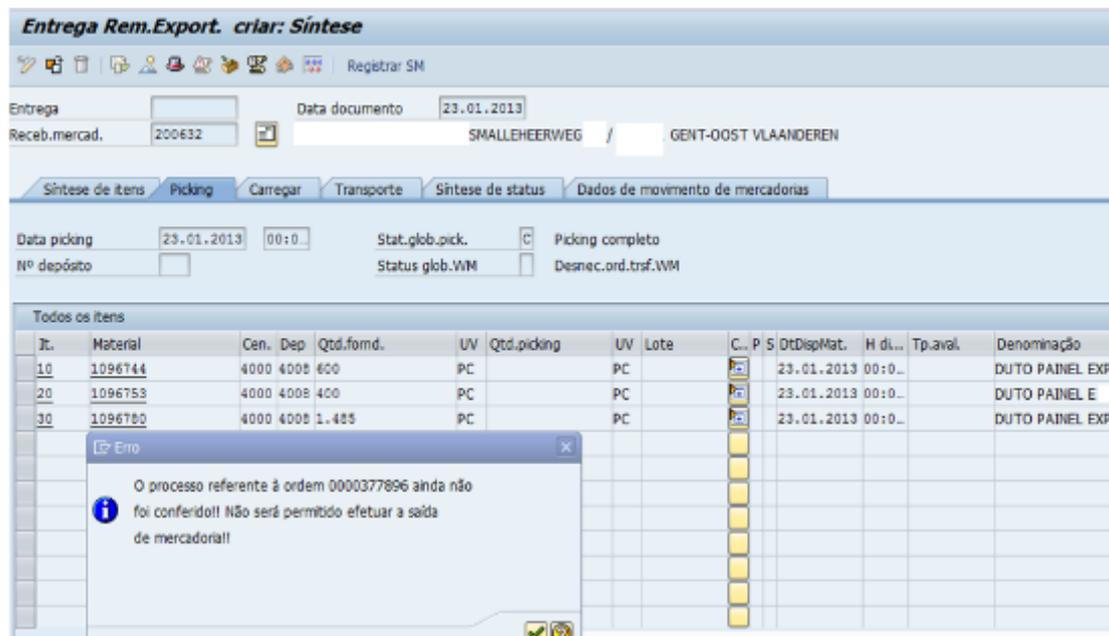
3.3.5. Implantar a solução

Depois de realizada a programação lógica dos sistemas, uma breve descrição da solução implantada é adicionada na folha de PFMEA no campo apropriado para comprovar a implantação e aplicação da solução no processo.

3.3.6. Avaliar e validar a solução

Após a programação do sistema concluída, foram realizados vários testes em ambientes controlados de estudo para comprovar o grau de aceitação e robustez da solução, na figura 10.

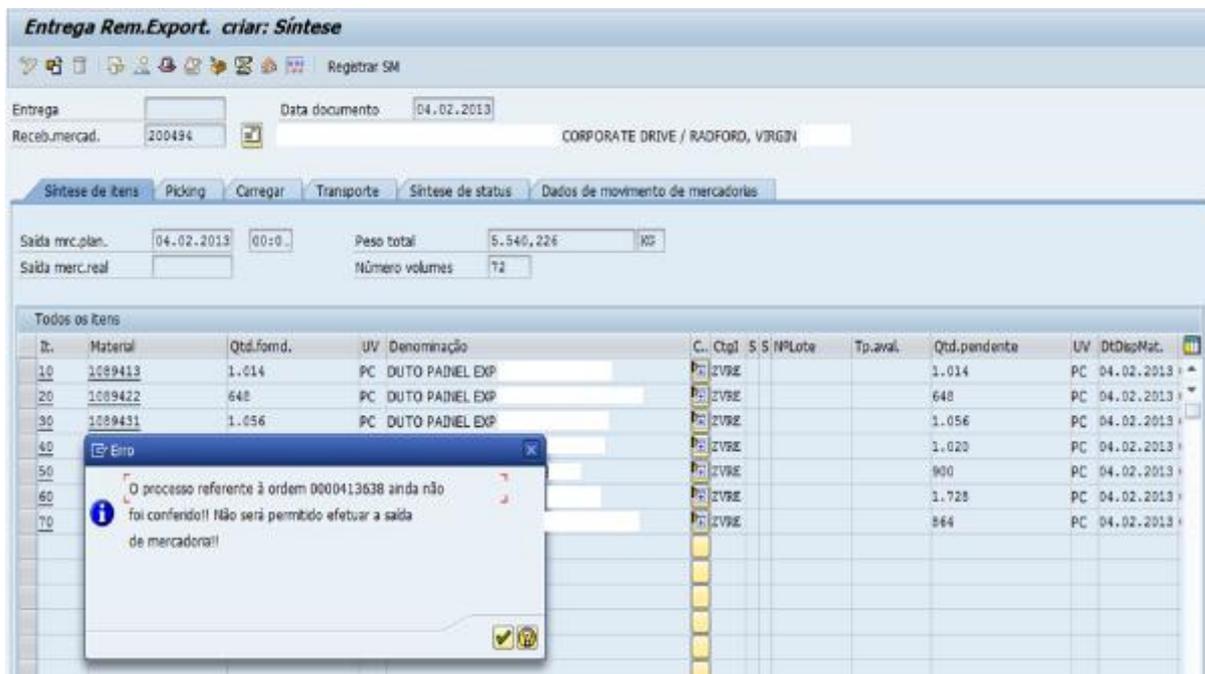
Figura 10: Validação do *poka-yoke* em ambiente de teste.



Fonte: Arquivos internos, adaptado pelos autores.

Nota-se que há uma mensagem de erro impedindo que o processo de emissão de Nota Fiscal prossiga e a mercadoria saia da área de expedição. Na primeira carga com a implantação do *poka-yoke*, novas simulações foram realizadas e a mesma informação foi obtida conforme figura 11.

Figura 11: Validação do *poka-yoke*, real.



It.	Material	Qtd.fomd.	UV	Denominação	C.	CtpI	S.S	NºLote	Tp.aval.	Qtd.pendente	UV	DtDispMat.
10	1089413	1.014	PC	DUTO PADREL EXP	Pr	ZVRE				1.014	PC	04.02.2013
20	1089422	648	PC	DUTO PADREL EXP	Pr	ZVRE				648	PC	04.02.2013
30	1089431	1.056	PC	DUTO PADREL EXP	Pr	ZVRE				1.056	PC	04.02.2013
40					Pr	ZVRE				1.020	PC	04.02.2013
50					Pr	ZVRE				900	PC	04.02.2013
60					Pr	ZVRE				1.728	PC	04.02.2013
70					Pr	ZVRE				864	PC	04.02.2013

Fonte: Arquivos internos, adaptado pelos autores.

3.3.7. Padronizar resultados

Para que o processo não se deteriore ou volte ao que era antes, é necessário prover meios para registro das soluções, resultados das avaliações e ações de melhorias implantadas. Este passo é a documentação de tudo o que foi realizado, incluindo a verificação da solução e recálculo de pontuações.

O recálculo do NPR (Número Prioritário de Risco) é realizado da mesma forma como foi descrito no item 3.3.3. Os resultados são apresentados na tabela 7.

Tabela 7: PFMEA retroalimentado.

FMEA DE PROCESSO													
Número da Peça (Cliente)	Rev./Data do Desenho	Nome da Peça		Número da FMEA		Página		NPR	Severidade	Ocorrência	Detecção	NPR	Severidade
		Responsável pelo Processo	Cliente	Responsável	Proz	Responsável	Proz						
Preparado por	Organização	Modelo(s) Ano / Veículo(s) / Aplicação	Modelo(s) Ano / Veículo(s) / Aplicação	Modelo(s) Ano / Veículo(s) / Aplicação	Modelo(s) Ano / Veículo(s) / Aplicação	Modelo(s) Ano / Veículo(s) / Aplicação	Modelo(s) Ano / Veículo(s) / Aplicação	Modelo(s) Ano / Veículo(s) / Aplicação	Modelo(s) Ano / Veículo(s) / Aplicação	Modelo(s) Ano / Veículo(s) / Aplicação			
Equipe	Equipe	Equipe	Equipe	Equipe	Equipe	Equipe	Equipe	Equipe	Equipe	Equipe	Equipe	Equipe	Equipe
Objetivos	Objetivos	Objetivos	Objetivos	Objetivos	Objetivos	Objetivos	Objetivos	Objetivos	Objetivos	Objetivos	Objetivos	Objetivos	Objetivos
Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial de Falha	Severidade	Classificação	Causa Potencial da Falha	Controles Atuais do Processo Prevenção	Ocorrência	Controles Atuais do Processo Detecção	Detecção	NPR	Ações Recomendadas	Responsável e Prazo	Ações Tomadas & Data de Efetivação
Armazenar produtos em local apropriado, coberto, e longe de intempéries ou pontos que ofereçam riscos à embalagem e ao produto.	Não armazenar produtos em local adequado	Sujar o produto	6		Falta de área para estocagem	Proc. Armazenagem, preserv, manuseio e embalagem	5	Area de estocagem com sistema informatizado	8	240	criar Poka Yoke para endereçamento por cód de barras	XPTO - Fev 2013	Criação de códigos e link do endereço via SAP - leitor Cód Barras (04/2/13)
Estocar produto acabado adequadamente	Armazenar produtos sem etiqueta de identificação	Danificar a embalagem e/ou produto	8		Falta de identificação na embalagem	Proc identificação da resina e do produto 408P02	6	Area de estocagem com sistema informatizado	6	288	Poka Yoke para entrada das peças no dep de PA	XPTO - Fev 2013	Incluído leitura das etq UNI e OT para entrada no dep PA (04/2/13)
Conterir e armazenar embalagens nos locais determinados pela OT	Armazenar produtos sem etiqueta de identificação	Parada de linha	5		Falta de cumprimento dos procedimentos	Proc identificação da resina e do produto 408P02	3	Visual	7	105	criar poka yoke para endereçamento por cód de barras	XPTO - Fev 2013	Criação de códigos e link do endereço via SAP - leitor Cód Barras(04/2/13)
Impressão de etiqueta conforme processo	Não armazenar produtos no local estipulado pela	Perda de tempo	5		Falta de identificação da etiqueta	Proc identificação da resina e do produto 408P02	3	Visual	7	105	Poka Yoke para entrada das peças no dep de PA	XPTO - Fev 2013	Incluído leitura das etq UNI e OT para entrada no dep PA(04/02/13)
Separar produtos conforme picking list	Imprimir etiqueta de cód errado	Retrabalho	4		Digitar numero do processo errado	Visual	3	Visual	8	96	Implementar sistema de leitura por Cód de Barras	XPTO - Fev 2013	Revisão do fluxo das operações incluindo checagem das peças a coletar por meio de endereçamento eletrônico e leitura de cód barras.(04/02/13)
Separar produtos conforme picking list	Separar produto errado	Retrabalho	4		Etiqueta trocada	Crvo técnico do processo (SAP)	3	Visual	8	96	Impantar Poka Yoke para emissão de NF	XPTO - Fev 2013	Conferência e leitura com leitor, poka yoke de restrição na programação SAP para emissão NF (04/02/13)
Colar Etiqueta Odeite na caixa do produto conforme código	Colar etiqueta diferente	Parada de linha	8		Falta de atenção ou não cumprimento do procedimento 415P03	Procedimento 415P03	5	Visual	8	320	Padronizar área de colocação de etiquetas Red Zone	XPTO - Fev 2013	Conferência e leitura com leitor, poka yoke de restrição na programação SAP para emissão NF (04/02/13)
Conferir cargas confrontando etiquetas	Colar etiqueta em local não apropriado	Dificuldade de leitura pelo conferente	5		Não cumprimento da IO	Instrução operacional	5	Visual	8	200	Impantar Poka Yoke para emissão de NF	XPTO - Fev 2013	Conferência e leitura com leitor, poka yoke de restrição na programação SAP para emissão NF (04/02/13)
Conferir cargas confrontando etiquetas	Não conferir carga	Parada de linha	8		Falta de atenção ou não cumprimento do procedimento 415P03	Procedimento 415P03	6	Visual	8	384	Impantar Poka Yoke para emissão de NF	XPTO - Fev 2013	Conferência e leitura com leitor, poka yoke de restrição na programação SAP para emissão NF (04/02/13)
Emitir NF após conferência OK	Emitir NF sem conferência das etiquetas	Parada de linha	8		Falta de atenção ou não cumprimento do procedimento 415P03	Procedimento 415P03	6	Visual	8	384	Impantar Poka Yoke para emissão de NF	XPTO - Fev 2013	Conferência e leitura com leitor, poka yoke de restrição na programação SAP para emissão NF (04/02/13)

Fonte: Arquivos internos, adaptado pelos autores.

4. Resultados e Discussões

4.1. Validação e comparativo do NPR

Foram registrados no total, 43 modos potenciais de falhas e classificados com NPR total de 1830 pontos. Após revisão foi possível estipular uma base para comparações com os resultados obtidos após a aplicação e validação dos *poka-yoke*. Os resultados são apresentados na tabela 8.

Tabela 8: Comparativo das pontuações do PFMEA conforme metodologia.

Faixa da pontuação	Revisão PFMEA Conforme Manual	Fi Σ NPR	Reavaliação da pontuação Depois das melhorias implantadas	Fi Σ NPR
< 20	2	30	12	120
21-40	3	90	21	630
41-60	15	750	15	750
61-80	7	490	10	700
81-100	18	1620	7	630
101-120	3	330	0	0
121-140	5	650	0	0
141-160	3	450	0	0
161-180	3	510	0	0
> 181	6	749	0	0
Σ dos modos de falhas	65	5669	65	2830
NPR médio	87,22		43,54	

	Risco aceitável
	Risco moderado
	Risco iminente

Fonte: Arquivos internos, adaptado pelos autores.

Extraíndo as informações referentes ao número levantado de potenciais de falhas, visualizam-se melhor os ganhos obtidos com a aplicação conjugada das ferramentas *poka-yoke* e PFMEA:

- a) Processo com risco aceitável: aumentou de 12% para 51%, ganho de 39%;

- b) Processo com risco moderado: reduziu de 59% para 49%, ganho de 10%;
- c) Processo com risco iminente: Redução de 29% para 0%, ganho de 29%.

Ao se analisar as quantidades de NPR totais temos uma redução de 2839 pontos, totalizando 50,08% na pontuação de risco do processo.

5. Conclusões

Com a globalização e a crescente disputa por mercado, as empresas buscam melhorias em seus processos para consolidar diferenciais sobre seus concorrentes, pois seus clientes elegem como parceiros as empresas que ofertam satisfação, produto de qualidade e preço competitivo.

O presente trabalho possibilitou conhecer a metodologia *poka-yoke*, pela apresentação do propósito da ferramenta, histórico, funções e tipos de mecanismos para atuação, com a apresentação de exemplos de utilização do mesmo, assim como subsídios para aplicação da ferramenta PFMEA.

A teoria permitiu que fosse possível aplicar o conteúdo deste trabalho em um caso real ocorrido na indústria automobilística, também é notória a abordagem e o foco do tema desenvolvido pelas normas de gestão da qualidade, estando comprovado que a ferramenta e a metodologia atenderam plenamente seus requisitos.

Com base nos resultados comprovou-se que a utilização de técnicas de mapeamento dos possíveis modos de falhas no projeto, aliada a metodologias de solução de problemas e métodos a prova de erros, foi possível eliminar as falhas no processo de tal forma que ela não se repita, e reduzir os riscos de falhas após a realização da venda do produto para os usuários finais.

A metodologia *poka-yoke* e o PFMEA contribuíram para o aumento da confiabilidade do produto, além de melhorar a qualidade do produto fornecido, redução dos riscos totais do processo superior a 50%.

Referências

AIAG. **Automotive Industry Action Group - AIAG**. Disponível em: <http://www.aiag.org>; acesso em 19 ago. 2013.

AIAG. **Manual de referência FMEA 4ª edição**. AIAG - Automotive Industry Action Group - AIAG Reference guide - Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), 4th Edition STANDARD published by AIAG, 2008.

TECHNICAL SPECIFICATION ISO/TS 16979:2009. Quality management system – Particular requirements for the application os ISO 9001:2008 for the automotive production and relevant service part organizations, third edition, 2009.

BAUDIN, M. **Working with Machines** - The nuts and bolts of lean operations with Jidoka. New York: Productivty Press, 2007.

CALARGE, F. A., DAVANSO, J. C. **Conceito de dispositivos à prova de erros utilizados na meta do zero defeito em processos de manufatura**. Revista de Ciência & Tecnologia, vol. 11, nº 21 - pp. 7-18 - UNIMEP. Piracicaba, 2003.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da Qualidade Total** (no estilo Japonês). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

DEMING, W. E. **Saia da crise**. São Paulo: Futura, 2003.

EPE. **Estudos econômicos - nota técnica DEA 06/13**. Ministério de Minas e Energia. 2013. Disponível em: <<http://www.brasilglobalnet.gov.br/ARQUIVOS/IndicadoresEconomicos/INDAlemanha.pdf>>, acesso em 13 set. 2013.

GARVIN, D. A. Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GHINATO, P. **O Sistema Toyota de Produção - Mais do que Simplesmente Just-In-Time**. Editora da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 1996.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. 8. Reimp. São Paulo: Atlas, 2006.

IMAN. **Poka-yoke - métodos à prova de falhas**, São Paulo: instituto IMAN, 1998.

IATF. International Automotive Task Force. **About the ISO/TS 16949:2009**. 2013. Disponível em <<http://www.iatfglobaloversight.org/content.aspx?page=AbouttheISO/TS>> acesso em: 15 out. 2013.

Interaction Plexus e General Motors. Capacitação tecnológica “*in company*”. **Manual de treinamento de Quality system Basic**, Interaction Plexus. São Paulo, 2007.

Interaction Plexus. Capacitação tecnológica “*in company*”. **Manual de treinamento de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos**, Interaction Plexus 4ª edição. São Paulo, 2008.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA **Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle APQP**: Manual de Referência. 2ª Edição. São Paulo: [s.n.], 2008.

IQA, **Manual de Referência - Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA)**. Chrysler LLC, Ford

- Motor Company, General Motors Corporation. Editado pelo Instituto da Qualidade Automotiva (IQA). 2008.
- MARTINS, H. A. Estudo **sobre os conceitos da autonomia e aplicação de PFMEA para auxílio na implementação de sistemas à prova de erro**. Trabalho de graduação - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- MOURA, A.R.; BANZATO, J.M. Poka-yoke: a eliminação dos defeitos com métodos à prova de falhas. São Paulo: IMAN, 1996.
- OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. 1 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- OHNO, T. **Toyota Production System**. Productivity Press, 1988.
- PICCHI, F.A. **Oportunidades de aplicação Lean thinking na construção** - Associação Nacional de Tecnologia do ambiente Construído, Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, 2003.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção** / Shigeo Shingo ; Tradução Eduardo Schaan. - 2. Ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.
- SHINGO, S. **Zero Quality Control; Source Inspection and the Poka-yoke System**. Productivity Press, Cambridge, Massachusetts and Norwalk, Connecticut, 1986.
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Tradução Henrique Luiz Corrêa. -3ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- TOLEDO, J. C., FMEA - **Análise do tipo e efeito de falha**. São Carlos: GEPEQ - Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade, 2006. Disponível em: <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2013.
- TOLEDO, J. C., **Conceitos sobre custos da qualidade (Apostila)**. São Carlos: GPEQ – Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade, 2002. Disponível em: <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/CustosdaQualidadeApostila.pdf>> Acesso em: 05 set. 2013.
- VDA 6.3. (Verband Der Automobilindustrie). Gerenciamento do Sistema da Qualidade na Indústria Automobilística: Auditoria do Processo (Parte 3). São Paulo: Instituto da Qualidade Automotiva, 2010.
- VIDOR, G. **Diretrizes para avaliação de sistemas de gestão de Poka-yoke**; Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGEP / UFRGS. Porto Alegre, 2010.
- WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. **Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation**, Simon e Schuster, New York, 1996.
- WOMACK, J.P., JONES, D.T. & ROSS, D.. **The Machine that Changed the World**, Rawson Associates, New York, NY, 1990.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T. A mentalidade enxuta nas empresas: Elimine o desperdício e crie riqueza. 5. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- YAMAUCHI, L. **Aplicação de Poka-yokes como ações de PFMEA em linhas de montagem do setor automobilístico**. Trabalho de Graduação - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.